

## Utilização de Modelos Estereoscópicos Híbridos na Atualização de Mapeamentos em Escalas Grandes

Amilton Amorim <sup>1</sup>  
 Fabiano da Cruz Nogueira  
 Jessé Dias Monteiro

FCT/UNESP - Depto. de Cartografia  
 Rua Roberto Simonsen, 305. CEP- 19060-90  
 Presidente Prudente – SP.

<sup>1</sup> ✉ amorim@prudente.unesp.br

<b>Conteúdo</b>	<b>1 Introdução</b> <b>2 Objetivos</b> 2.1 Objetivo geral 2.2 Objetivos específicos <b>3 Atualização Cartográfica</b> <b>4 Desenvolvimento</b> <b>5 Experimentos e Análise dos resultados</b> 5.1 Experimento utilizando o programa SAM. 5.2 Experimento utilizando o programa Socet-Set. 5.3 Análise dos resultados <b>6 Conclusões e Recomendações</b> <b>7 Referências Bibliográficas</b>
-----------------	---

**Resumo:** A maioria das bases cartográficas encontradas nas cidades se apresentam em escala 1:2000, sendo utilizadas para várias finalidades, entre elas o controle do espaço urbano a partir do Sistema Cadastral. Quando se fala em Sistema Cadastral Urbano, nota-se a necessidade da precisão no mapeamento além da atualização do mesmo, pois os trabalhos realizados na área de cadastro necessitam de dados atualizados e precisos, sendo que por muitas vezes fornecem subsídios para processos judiciais. Nesse sentido, justifica-se o empenho em se definir uma metodologia de atualização de mapeamentos que minimize os custos e o tempo de execução dessa atividade, mantendo-se a confiabilidade em termos de precisão das informações. Apresenta-se neste trabalho a continuidade do desenvolvimento do programa SAM, visando a otimização da entrada e manipulação de dados. Finalmente apresentam-se os experimentos realizados, objetivando testar a metodologia de modelos estereoscópicos híbridos para a atualização de documentos cartográficos em escalas grandes, utilizando o programa SAM e o Software Socet-Set, mostrando resultados satisfatórios.

**Palavras chave:** Atualização Cartográfica, Fotogrametria, Detecção de Alterações.

**Abstract:** Most of the cities maps are in the scale 1:2000, and are used for multiple purpose, such as the control of the space urban by the Cadastral System. It is noticed, therefore, the need of the good quality and updated maps, because the works accomplished in the cadaster field need updated data and with accuracy, could supply subsidies for lawsuits. Thus, it is justified the pledge in defining a methodology of map revision that minimizes the costs and the time of executing of that activity, maintaining the reliability and precision of the information. It is presented in this work a continuity of the development of the software SAM, seeking the optimization of the data input and manipulation of data. Finally, it is described the experiments, aiming at testing the methodology of hybrid stereoscopic models for map revision of cartographic documents in large scales, using the software SAM and the Software Socet-Set. The results were satisfactory.

**Keywords:** Map revision, Photogrammetry, Change Detection.

### 1 Introdução

1. atividade de planejamento municipal vem ganhando espaço no contexto da Administração Pública nos últimos anos e este fato está gerando uma demanda crescente por mapeamentos atualizados, principalmente nas áreas urbanas. Além dessa atividade, nota-se que o processo de privatização em diversos setores, entre eles o da telefonia, também vem provocando um considerável aumento da demanda por mapeamentos atualizados das áreas urbanas, sendo que neste caso, pode-se notar essa necessidade até mesmo nas cidades de pequeno porte. Mapeamentos urbanos utilizados para fins de planejamento, seja pelo setor privado ou público, dependendo de suas finalidades, devem ser elaborados em escalas grandes proporcionando maior precisão, uma vez que existe a relação direta entre escala e precisão.
2. Vários pesquisadores vêm buscando metodologias que possibilitem a atividade de atualização de um mapeamento no seu verdadeiro sentido, ou seja, utilizando o mapeamento desatualizado como base e outras fontes de informações para identificar e extrair apenas as novas feições, reduzindo assim o tempo e consequentemente o custo dos trabalhos para se produzir um documento cartográfico atualizado. O uso de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica surgiu em meados dos anos 80, ainda através de testes com restituidores analógicos, onde LUGNANI (1985) construiu um modelo estereoscópico com duas fotografias convencionais obtidas em datas diferentes.
3. LUGNANI (1985), em sua proposta de adaptação de um instrumento restituidor, utilizou uma obstrução ótica com frequência

variável no trajeto ótico (ou na iluminação) da observação de uma das fotografias (mais recente). Nessas condições, considerando um par de fotografias de diferentes datas, ao se fazer variar a frequência, as diferenças entre as imagens passam a "pisca" ou cintilar no modelo.

4. proposta de integração de fontes de informações, para a atualização de documentos cartográficos, foi a utilização de duas ortofotos da mesma área, elaboradas com fotografias obtidas em datas diferentes. Nesse experimento, STAMM & BRIGGS (1999) executaram um trabalho interessante de detecção de alterações usando duas ortofotos de datas diferentes, mas da mesma área e escala. Nesse trabalho foi apresentado um experimento com as ortofotos datadas de 1995 e 1997, onde foi feita uma composição destas imagens gerando um único arquivo, composto pelo canal vermelho (R) da ortofoto de 1997 e pelo canal verde (G) da ortofoto de 1995, obtendo como resultado a identificação das estradas (destacadas em vermelho), em suas reais posições planimétricas.

A partir desses experimentos e outros conceitos, AMORIM (2000) em sua tese de doutoramento construiu um modelo estereoscópico com duas fotografias, sendo uma convencional (23x23cm) e outra fotografia obtida por uma câmara digital, cuja geometria é diferente da convencional, utilizando o método anaglifo. A metodologia de atualização cartográfica, utilizada por AMORIM (2000), mostrou-se satisfatória através dos experimentos realizados com fotografias aéreas em escala 1:25000 e testes de precisão executados para a escala do mapeamento em 1:5000. Esta escala mostra-se eficiente para o mapeamento de sistemas viários, sendo importante nos trabalhos de planejamento, no entanto para trabalhos mais detalhados nota-se a necessidade de se produzir documentos cartográficos em escalas maiores.

A maioria das bases cartográficas encontradas nas cidades se apresentam em escala 1:2000, sendo utilizadas para várias finalidades, entre elas o controle do espaço urbano a partir do Sistema Cadastral. Quando se fala em Sistema Cadastral Urbano nota-se a necessidade da precisão no mapeamento além da atualização do mesmo, pois os trabalhos realizados na área de cadastro necessitam de dados atualizados e precisos, sendo que por muitas vezes fornecem subsídios para processos judiciais. Nesse sentido, justifica-se o empenho em se definir uma metodologia de atualização de mapeamentos que minimize os custos e o tempo de execução dessa atividade, mantendo-se a confiabilidade em termos de precisão das informações.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Continuidade ao desenvolvimento da metodologia de atualização cartográfica por modelos estereoscópicos híbridos.

### 2.2 Objetivos específicos

- Otimizar a entrada de dados no programa SAM;
- Realizar testes de precisão com fotografias em escala grande, utilizando o programa SAM;
- Repetir os testes de precisão com fotografias em escala grande, utilizando o programa Socet Set.

## 3 Atualização Cartográfica

Os interesses dos usuários de cartografia são múltiplos, pois a diversidade de trabalhos executados com o auxílio do mapeamento é grande. Juntamente com a escassez de recursos financeiros em determinados trabalhos, este fato proporciona uma busca constante por métodos alternativos de atualização de mapeamentos, que nem sempre atendem os requisitos mais básicos da cartografia, deixando a desejar em termos de precisão e eficiência. De acordo com LUGNANI (1985), fatos como este dão origem a um vasto espectro de procedimentos, onde muitos dos quais nem são de interesse, pela precariedade do produto, peculiaridade do tratamento ou ineficiência.

Uma técnica muito utilizada de mapeamento atualmente é a determinação de posição a partir de GPS (Global Positioning System). O sistema GPS é formado por 24 satélites, com órbita conhecida, emitindo sinais constantemente que são captados pelos rastreadores na superfície terrestre. O sistema GPS, por si só, não proporciona nenhuma ferramenta de detecção de alterações. Portanto, neste caso pode-se adotar uma combinação de métodos utilizando-se, por exemplo, a detecção de alterações por levantamento de campo, intercomunicação sistematizada entre órgãos e instituições de registro imobiliário, ou ainda por imagens aéreas. No caso da detecção de alterações por diferenças observadas em imagens, orbitais ou sensores fotográficos (fotografias aéreas convencionais, digitais e de pequeno formato), num primeiro momento somente os aspectos semânticos das imagens são considerados, mas por outro lado observa-se que atualmente, utilizando recursos de processamento digital de imagens, os aspectos geométricos passam a exercer um importante papel nesta atividade.

Nota-se, portanto, que a Fotogrametria pode ser útil tanto na detecção de alterações quanto na extração das feições de interesse.

A fotografia aérea tem tido um papel fundamental na produção de mapeamentos em toda a superfície terrestre. Os resultados dos produtos cartográficos têm se mostrado de grande eficiência, principalmente em termos de rapidez e precisão, além de proporcionar boas condições de trabalho em áreas de difícil acesso em campo. A evolução da Fotogrametria nos últimos anos, tem contado com significativa contribuição da Informática, uma vez que complexos cálculos matemáticos podem ser programados, obtendo bons resultados, principalmente em termos de redução de tempo e aumento de precisão nos trabalhos fotogramétricos.

De acordo com LUGNANI (1987), o desenvolvimento de equipamentos, programas e técnicas de modelagem de erros sistemáticos proporcionou sensível elevação da precisão e confiabilidade dos resultados obtidos em Fotogrametria. Por ter fundamental importância na metodologia proposta, são abordados, neste trabalho, não só os aspectos semânticos da imagem de interesse à detecção de alterações, mas também os aspectos geométricos da formação de modelos estereoscópicos em Fotogrametria, além da determinação da posição de feições de interesse.

## 4 Desenvolvimento

O desenvolvimento deste trabalho seguiu as mesmas linhas do trabalho desenvolvido por AMORIM (2000), procurando nesta fase aprimorar e otimizar a entrada de dados do programa SAM desenvolvido anteriormente e utilizado em grande parte dos experimentos. Sem perder de vista o grande objetivo da pesquisa, que é definir uma metodologia de atualização cartográfica por modelos híbridos, utilizando o mapeamento existente (desatualizado) e se preocupando apenas em identificar e extrair as novas feições para efetuar a referida atualização, nesta fase foi dada maior ênfase na questão da precisão para a extração das feições através da determinação de suas coordenadas planimétricas, com o objetivo de inseri-las em um mapeamento elaborado em escala 1:2000, onde a exigência de precisão é maior do que para a escala 1:5000, testada até o momento.

As implicações, da aplicação dessa metodologia, não se resumem apenas à precisão do mapeamento, mas também outros problemas foram considerados, tais como o número de fotografias digitais que se necessita tomar, sendo que ao se trabalhar com escalas grandes aumenta-se o número de fotografias necessárias para recobrir a área de interesse. A realização de experimentos com o programa SAM e a repetição do experimento, com os mesmos dados, utilizando o programa Socet Set, que é um software consagrado no mercado, possibilitou comparações dos resultados numéricos, podendo-se testar a eficiência do programa SAM, que ainda está em desenvolvimento.

## 5 Experimentos e Análise dos resultados

### 5.1 Experimento utilizando o programa SAM.

Antecedendo-se a realização dos testes de precisão, algumas rotinas foram desenvolvidas com o objetivo de otimizar a entrada de dados no programa SAM. Essas rotinas foram desenvolvidas em C++, no ambiente de programação do Borland Builder - 4, que foi o ambiente inicialmente utilizado para o desenvolvimento do referido programa.

Para a realização deste experimento foram utilizadas, a fotografia aérea tomada com a câmara UMK (10/1318) digitalizada matricialmente e a fotografia digital tomada com a câmara Kodak (DC 210), cujos parâmetros podem ser observados na Tabela 01.

**Tabela 1** : Parâmetros das fotografias utilizadas.

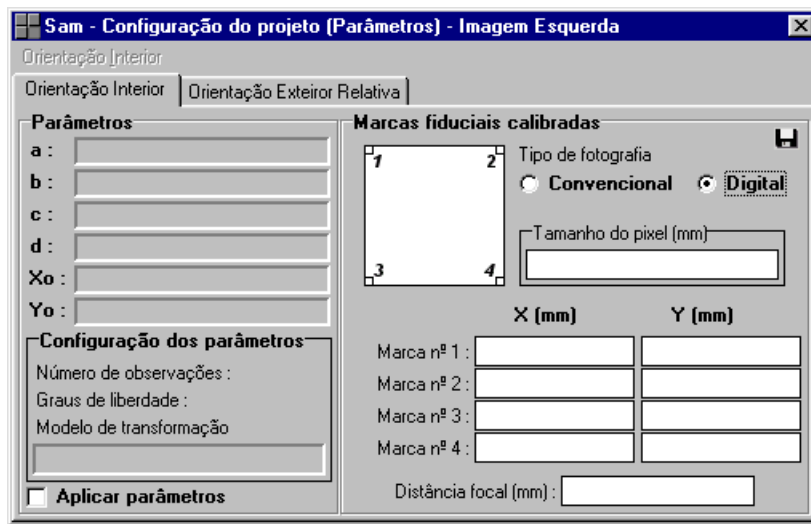
	UMK	DC 210
Distância Focal (mm)	99.24	53.985
Escala aproximada	1 : 8000	1 : 8000
Altura (m)	793,92	431,88
Altitude (m)	1213,92	851,88

Com o objetivo de sintetizar este relatório, mostra-se a seguir as novas telas do programa SAM, já com as fotografias que foram utilizadas para a realização deste experimento.



**Figura 1** : Tela principal reformulada do programa SAM.

Pode-se observar na Figura 01 a tela principal do sistema com as fotografias já retificadas. A fotografia da esquerda (UMK) representa a primeira data e a fotografia da direita representa a segunda data (mais recente), onde pode-se notar a presença de duas novas feições bem definidas, sendo uma quadra de areia (denominada de feição A) e o vestiário da piscina (denominado de feição B).



**Figura 2** : Tela de entrada de dados dos parâmetros da fotografia.

Com o objetivo de organizar a entrada de dados, foi elaborada uma tela para a inserção das informações, necessárias para as orientações de cada fotografia a ser utilizada, como mostra a Figura 02.

Outro procedimento importante foi o desenvolvimento de uma tela de zoom, onde se disponibiliza previamente as possibilidades de ampliação e redução de 8:1 até 1:8.

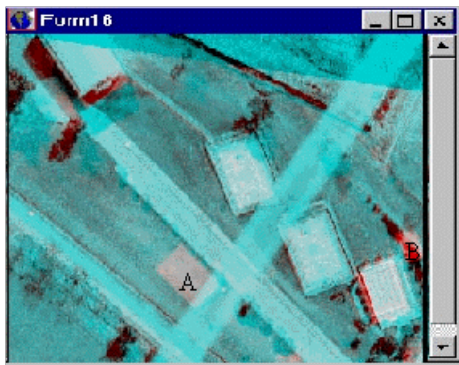
A Figura 03 mostra duas janelas de “zoom”, representando a feição A em 1:1 e a mesma ampliada em 2:1.



**Figura 3** : Janelas de “zoom” em 1:1 e 2:1.

Vale ressaltar que, para o desenvolvimento das janelas de “zoom”, tomou-se como exemplo a disponibilização das janelas de “zoom” encontradas no software Socet Set. O principal objetivo desse experimento foi a verificação da precisão alcançada na determinação de pontos no espaço objeto, definindo uma nova feição que deve ser extraída e inserida no mapeamento desatualizado, portanto necessita-se da detecção da referida feição, possibilitando a extração das informações necessárias.

A Figura 04 mostra o modelo estereoscópico por anaglifo, destacando as feições A e B (novas) em vermelho.



**Figura 4** : Modelo anaglifó destacando as feições novas em vermelho.

Pela proposta metodológica apresentada por AMORIM (2000), as coordenadas planialtimétricas dos pontos que definem as feições a serem restituídas são determinadas pelo procedimento de monorestituição.

Nesse experimento, as coordenadas dos vértices da feição A (nova) existente apenas na fotografia digital, foram determinadas no espaço objeto a partir da monorestituição.

**Tabela 2** : Coordenadas dos pontos de verificação. (Det. por GPS)

Ponto	E (m)	$\sigma E$ (m)	N (m)	$\sigma N$ (m)	h (m)	$\sigma h$ (m)
15	458051.765	0.003	7553959.588	0.004	424.133	0.016
16	458062.521	0.020	7553970.061	0.023	424.104	0.094
17	458045.971	0.021	7553987.709	0.025	424.149	0.100
18	458035.132	0.023	7553977.358	0.029	424.347	0.112

Obs.:  $\sigma E$ ,  $\sigma N$  e  $\sigma h$  = desvio padrão, fornecido pelo relatório do processamento.

**Tabela 3** : Coordenadas dos pontos 15, 16, 17 e 18, calculadas no SAM

Pontos	E (m)	N (m)	h (m)
15	458051,600	7553959,980	420,330
16	458062,750	7553969,770	421,720
17	458045,720	7553987,350	421,000
18	458034,800	7553976,130	422,510

A Tabela 04 mostra as discrepâncias calculadas entre as coordenadas dos pontos 15, 16, 17 e 18, e suas correspondentes determinadas em campo, por GPS.

**Tabela 4** : Discrepâncias das coordenadas calculadas, dos pontos 15, 16, 17 e 18, em relação aos pontos de verificação.

Pontos	dE (m)	dN (m)	dh (m)
15	0,165	-0,392	3,803
16	-0,229	0,291	2,384
17	0,251	0,359	3,149
18	0,332	1,228	1,837

Obs.: Erro Padrão Planimétrico = 0,42 m e Erro Padrão Altimétrico = 0,67 m (Esc. 1:2000).

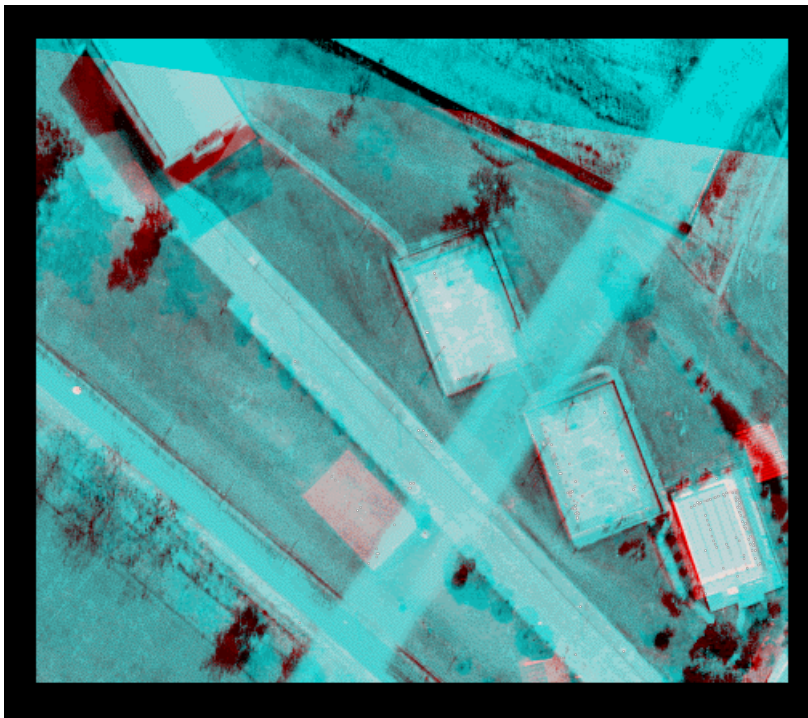
## 5.2 Experimento utilizando o programa Socet-Set.



**Figura 5** : Fotografia (UMK) digitalizada, retificada no Socet-Set.



**Figura 6** : Fotografia (DC 210) digital, retificada no Socet-Set.



**Figura 7** : Modelo anaglifo, formado no Socet-Set, destacando as feições novas em vermelho.

**Tabela 5** : Coordenadas dos pontos 15, 16, 17 e 18, calculadas no Socet-Set.

Acurácia	Pontos	E (m)	N (m)	h (m)
15	458051,06	7553957,85	420,67	
16	458062,90	7553969,07	420,67	
17	458045,02	7553986,41	420,67	
18	458034,38	7553975,43	420,67	

**Tabela 6** : Discrepâncias das coordenadas calculadas, dos pontos 15, 16, 17 e 18, em relação aos pontos de verificação.

Pontos	dE (m)	dN (m)	dh (m)
15	0,205	-0,262	3,463
16	-0,169	0,291	3,434
17	0,051	0,299	3,479
18	0,252	0,928	3,677

A Tabela 06 mostra as discrepâncias calculadas entre as coordenadas dos pontos 15, 16, 17 e 18, e suas correspondentes determinadas em campo, por GPS.

Obs.: Erro Padrão Planimétrico = 0,42 m e Erro Padrão Altimétrico = 0,67 m (Esc. 1:2000).

### 5.3 Análise dos resultados

Pela Legislação Brasileira de Cartografia e Aerolevanteamento, o desvio padrão planimétrico é determinado a partir das coordenadas E e N; portanto, entende-se que o erro padrão a ser analisado terá a resultante igual nas direções E e N. A partir do exposto anteriormente o desvio padrão planimétrico esperado nesta análise fica assim determinado:

Considera-se, para efeito de análise de exatidão de produtos cartográficos chamados de CLASSE "A", um erro padrão planimétrico (EPP) de 0,3 mm na escala do produto cartográfico. As fotografias aéreas utilizadas neste trabalho encontram-se na escala 1:8000 e podem dar origem a um mapeamento em escala 1:2000 digital. Sendo assim, o cálculo de um limite de tolerância pode ser executado com os parâmetros estabelecidos para essa escala, ou seja, 0,3 mm na escala 1:2000 que significa 0,60 m.

De maneira geral, as discrepâncias encontradas entre as coordenadas planimétricas estão dentro do limite de tolerância calculado. Nota-se que as discrepâncias encontradas entre as coordenadas altimétricas estão muito acima do limite de tolerância estabelecido. Acredita-se que este fato tenha ocorrido, principalmente pelo tipo de modelagem de superfície utilizada para a monorestituição, que foi uma triangulação plana.

Segundo MITISHITA (1997), esse procedimento apresenta bons resultados, quando aplicado para uma interpolação com pequeno espaçamento entre os pontos definidores do triângulo, porquanto esse método não trata matematicamente a continuidade entre os pontos. A vantagem da simplificação da modelagem matemática, aproximando a superfície a um plano, reside no fato de se ter um ganho de tempo computacional e facilidade de programação.

Neste experimento, particularmente, os pontos definidores do triângulo estão muito próximos, no entanto a superfície é muito irregular

e a feição extraída possui os vértices definidores de sua forma com altitudes praticamente iguais, como pode ser observado na Tabela 02.

## 6 Conclusões e Recomendações

AMORIM (2000), mostrou uma nova técnica de detecção de alterações, através da construção de um modelo estereoscópico por anaglifo, onde se faz uma fusão dos canais G e B da fotografia aérea convencional retificada com o canal R da fotografia aérea digital retificada. Esse modelo por anaglifo destaca, em vermelho, as feições novas a serem restituídas, produzindo bons resultados. No entanto, os experimentos executados consideraram a atualização de um mapeamento em escala 1:5000, onde a precisão é menor do que a precisão de mapeamentos cadastrais. Neste trabalho, ao se realizar experimentos com fotografias aéreas em escala 1:8000, considerando uma possível atualização de mapeamento em escala 1:2000, testou-se a metodologia desenvolvida por AMORIM (2000) para a escala mais utilizada em mapeamento cadastral. Sendo assim, esta foi uma das principais motivações que levaram à realização deste trabalho.

Quanto aos resultados numéricos apresentados pode-se notar que, mesmo sendo notória falta de qualidade da fotografia aérea tomada pela câmara UMK e o problema de definição das marcas fiduciais da mesma, os resultados são animadores, uma vez que a maioria dos pontos planimétricos testados estão dentro do limite de tolerância estabelecido.

Quanto ao tamanho da área de recobrimento da fotografia digital utilizada neste trabalho, nota-se que é extremamente pequena (0,19 Km<sup>2</sup>) quando comparada à área de uma fotografia aérea convencional (33,06 Km<sup>2</sup>). Este fato é uma desvantagem desta metodologia, mas por outro lado, câmaras mais sofisticadas apresentam sensores CCD maiores do que o sensor da câmara Kodak DC210, tornando esta metodologia mais viável economicamente.

Neste trabalho, o experimento foi realizado, aplicando-se o modelo de monorestituição local, sem a necessidade da utilização de um MNT da área toda, fato este que reduz consideravelmente o esforço computacional. Por outro lado pode-se notar, pelos resultados em altimetria, que o modelo de interpolação da superfície utilizado não foi o adequado. Portanto é recomendável a execução de trabalhos futuros com a utilização de outras formas de interpolação que tratem matematicamente a continuidade da superfície entre os pontos.

Acredita-se que a metodologia proposta, conforme apresentada neste trabalho, possa sofrer adaptações conforme as necessidades de cada tipo de aplicação, abrindo espaço para novas pesquisas, por exemplo, com a utilização de imagens de satélites.

## 7 Referências Bibliográficas

- AMORIM, A.** (2000). *Utilização de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica*. São Carlos, 2000. 124p. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LUGNANI, J. B.** (1985). *Aprimoramentos para a atualização cartográfica*. (Tese de Livre Docência). Universidade Federal do Paraná -UFPR. Curitiba – PR.
- LUGNANI, J. B.** (1987). *Introdução à Fototriangulação*. Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba - PR. 134p
- MITISHITA, E. A.** (1997). *Monorestituição digital de aerofotos, associada com sistema de computação gráfica C. A. D., para fins de mapeamento na área florestal*. (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba-PR.
- STAMM, J. C. & BRIGGS, R.** (1999). *Change detection in digital ortho Images*. The Worldwide Magazine For Geomatics – Vol. 13. April, p.44-47.
- TOMMASELLI, A. M. G.** (1995). *Intersecção fotogramétrica*. Relatório Técnico, Contrato: Fundacte / Hydratec. Presidente Prudente - SP.
- P. R. & DEWITT, B. A.** (2000). *Elements of Photogrammetry: with applications in GIS.*. The University of Wisconsin, Madison. 3<sup>rd</sup> ed. Mc Graw-Hill Book Company. 700p.